

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-84152

(P2003-84152A)

(43) 公開日 平成15年3月19日 (2003.3.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

G 0 2 B 6/122

G 0 2 B 6/12

A 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-272597 (P2001-272597)

(22) 出願日 平成13年9月7日 (2001.9.7)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 三富 修

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 一木 武典

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100077665

弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

最終頁に続く

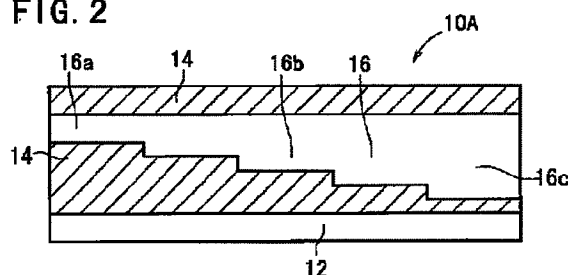
(54) 【発明の名称】 光デバイス

(57) 【要約】

【課題】 光デバイスにおける効果的なモード変換と、光入射部および光出射部における他の光デバイスとの結合効率の向上をともに実現する。

【解決手段】 基板12に形成されたクラッド層14と、該クラッド層14内に形成されたコア層16とを備える光デバイス10Aにおいて、前記コア層16は、光が入力される光入射部16aと、前記光入射部16aより入力された導波光をモード変換する光制御部16bと、該光制御部16bでモード変換された導波光を出力する光出射部16cとから構成される光導波路であって、導波光の進行方向に対応して前記光制御部16bの層厚を徐々に変化させることで、該光制御部16bは導波光の基板12に垂直方向のモードサイズについてモード変換を行う。

FIG. 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に形成されたクラッド層と、該クラッド層内に形成されたコア層から構成される光デバイスにおいて、

前記コア層は、導波光が入力される光入射部と、前記導波光のモード変換を行う光制御部と、該光制御部からの導波光が出力される光出射部とから構成される光導波路であり、

前記光制御部は、単一の層で形成され、かつ、層厚が導波光の進行方向に対応して徐々に変化する光導波路であることを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光デバイスにおいて、前記光制御部は、導波光の基板に垂直方向のモードサイズについてモード変換を行う光導波路であることを特徴とする光デバイス。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の光デバイスにおいて、前記光制御部における層厚変化は、コア層またはクラッド層を形成するための露光処理、現像処理およびエッチング処理を含む 1 回の成膜工程で形成されることを特徴とする光デバイス。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の光デバイスにおいて、前記層厚変化は、前記コア層またはクラッド層の成膜工程における露光量の局所変化によって実現することを特徴とする光デバイス。

【請求項 5】 請求項 4 記載の光デバイスにおいて、前記露光量の局所変化は、前記光デバイスのマスク上に配置したフィルターによる光透過量の調整によって行われることを特徴とする光デバイス。

【請求項 6】 請求項 4 記載の光デバイスにおいて、前記露光量の局所変化は、パターンの異なる複数枚のマスクを使用して行われることを特徴とする光デバイス。

【請求項 7】 請求項 4 記載の光デバイスにおいて、前記露光量の局所変化は、単一のマスクを使用し、該マスクの設置位置をずらしながら行われることを特徴とする光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、光通信システムに用いられる光スイッチ等の光デバイスに関し、特に、導波光のモード変換を行って、光出射部における他の光デバイスに対する確実なモード伝達と高い結合効率を実現する光デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】 近時の光通信システムにおいて、1 本の光導波路に多くの異なる波長の情報を送信する波長多重伝送方式の発展に伴い、その周辺技術である光分波器、光合波器、光スイッチ、可変光減衰器および光変調器等の光デバイスへの技術的進歩に対する期待が益々高まっ

ている。これらの光デバイスに要求される条件としては、高い動作効率、低挿入損失および良好な消光比特性等の機能的条件に加え、低コスト等の経済的要件が必要である。

【0003】 例えば、任意の断面形状を有する導波光を、異なる断面形状の導波光にモード変換するような、異なる固有モードを有する光デバイス同士を結合する光デバイスとして、モード変換光導波路がある。この光デバイス 100 は、図 13 および図 14 に示すように、クラッド層 102 とコア層 104 とから構成される。そして、前記コア層 104 は、導波光が入力される光入射部 104a と、導波光のモード変換を行う光制御部 104b と、該光制御部 104b でモード変換された導波光を出力する光出射部 104c とから構成される。そして、図 14 に示すように、前記光デバイス 100 は、基板 106 の表面に形成され、前記光制御部 104b の縦方向は、導波光の進行方向に対してテーパ状に形成されている。従って、光入射部 104a から導波光を入力すると、該導波光は光制御部 104b において、伝送損失をできる限り発生させないようにモード変換され、光出射部 104c を通じて外部に出力されることとなる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、前記光制御部 104b を形成する従来技術としては、選択成長法とプレーナ法とがある。選択成長法は、所望の場所を選択的に結晶成長させる方法であり、微細な光デバイスの形成および縦方向への光デバイスの形成には有利な方法である。しかしながら、この方法では、選択成長の対象となる光デバイスおよび基板と、選択成長を決定づけるマスクとを構成する材料が制約されるので、特定の材料から構成される光デバイスしか製造できない。また、場所によって結晶成長速度が異なるため、不均一な薄膜が形成される可能性があり、導波光の散乱損失は大きくなる。一方、プレーナ法は、プレーナ構造である光デバイスを容易に作製できる特徴を有しているが、前記光制御部 104b を構成するには、クラッド層 102 およびコア層 104 を積層構造で形成するため、露光処理、現像処理およびエッチング処理を繰り返す必要がある、その作製工程が複雑になるとともに、長時間にわたる作製工程を要する。さらに、マスクパターンの位置決めも難しいため、光デバイス 100 の歩留まりが低下し、製造コストが増加する可能性もある。

【0005】 本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、光デバイスにおけるモード変換効率の向上と、光出射部における他の光デバイスに対する結合効率の向上をとともに実現させることができる光デバイスを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明に係る光デバイスは、基板に形成されたクラッド層と、該クラッド層内

に形成されたコア層から構成される光デバイスにおいて、前記コア層は導波光が入力される光入射部と、前記導波光のモード変換を行う光制御部と、該光制御部からの導波光が出力される光出射部とから構成される光導波路であり、前記光制御部は、単一の層で形成され、かつ層厚が導波光の進行方向に対応して徐々に変化する光導波路であることを特徴とする。

【0007】導波光の進行方向に対して、光制御部の層厚を徐々に変化させることで、導波光の放射損失を発生させることなく、モード変換を行うことができる。従って、モードの異なる光デバイス同士を容易に結合することができる。なお、層厚を徐々に変化する構造としては、例えば、階段状やテーパ状の構造等を選択することができる。

【0008】また、前記光制御部は、導波光の基板に垂直方向のモードサイズについてのモード変換を行う光導波路である。基板に垂直方向のモードサイズについてのモード変換を行うことによって、波長多重伝送方式の光通信システムにおけるモード変換用の光デバイスとして利用することができる。例えば、ファブリ・ペロー形半導体レーザからの導波光をモード変換し、単一モードファイバへ結合するモード変換用の光デバイスとして利用するとよい。

【0009】また、前記光制御部における層厚変化は、コア層またはクラッド層を形成するための露光処理、現像処理およびエッチング処理を含む1回の成膜工程で形成される。1回の成膜工程で形成されることから、製造工程が単純化され、光デバイスの作製工程を短縮することができる。また、露光前に行う位置合わせ作業の負担も軽減できる。従って、製造された光デバイスの歩留まりは激減し、製造コストの低減を実現できる。他方、露光処理、現像処理およびエッチング処理を1回の工程で行うことによって、光制御部における結晶の均一性と稠密性が確保できるとともに格子欠陥等の結晶欠陥も激減し、伝送効率の高い光導波路が実現できる。特に、非常に均一な薄膜を、均一速度で成長させるエピタキシャル成長法を用いれば、より好適な光デバイスを実現できる。

【0010】なお、本発明に係る光デバイスを構成する材料は、該光デバイスの製造方法によって制約を受けることはない。すなわち、基板を構成する材料としては、シリコンウエハー、水晶、アルミナセラミック等、熱伝導率の高い材料が用いられる。クラッド層を構成する材料としては、石英ガラス、プラスチック等が使用される。同様に、コア層を構成する材料には、石英ガラス、プラスチック等が好適に使用される。

【0011】さらに、前記層厚の変化は、コア層またはクラッド層の成膜工程における露光量の局所変化に依存している。これは、露光量(=露光強度×露光時間)を場所によって変化させることで、現像処理後のレジスト

厚を所望の厚さに調整するとともに、その後に行われるエッチング工程において、所定のクラッド層またはコア層を形成し、効果的なモード変換を実現できる光導波路を作製するためである。例えば、露光量が大きい場合には、レジスト厚は小さくなるため、クラッド層またはコア層は深い位置までエッチングされる。一方、露光量が小さい場合には、レジスト厚は大きくなるため、クラッド層またはコア層は浅い位置でエッチングされるに留まる。

【0012】また、前記露光量の局所変化は、前記光デバイスのマスク上に配置したフィルターによる光透過量の調整によって行う。また、パターン異なる複数枚のマスクを使用しても、前記露光量の局所変化を実現できる。さらに、単一のマスクを使用し、該マスクの設置位置をずらしながら行っても、該光制御部を作製することができる。上記したいずれの方法を用いても、露光処理、現像処理およびエッチング処理を含む1回の成膜工程で、コア層における前記光制御部を形成することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光デバイスを導波光のモード変換器に適用した実施の形態例を、図1～図12Dを参照しながら説明する。

【0014】まず、第1の実施の形態に係る光デバイス10Aは、図1に示すように、基板12と、該基板12上に形成されたクラッド層14と、該クラッド層14に包含された光導波路であるコア層16とを有して構成されている。

【0015】コア層16は図1に示すように、入力光Pinが入力される光入射部16aと、前記入力光Pinのモード変換を行う光制御部16bと、制御された光を出力光Poutとして出力する光出射部16cとを有する。なお、前記光制御部16bの層厚は導波光の進行方向に対応して徐々に狭小となるように形成されている。

【0016】ここで、光デバイス10Aの各部を構成する材質について説明する。コア層16は導波光を通過できるものであればよく、石英ガラス、プラスチック等が好適に使用される。クラッド層14は、コア層16の導波光に対して大きな光閉じ込め効果を奏する、コア層16より屈折率の低い材質であればよく、石英ガラス、プラスチック等が好適に使用される。

【0017】そして、前記光制御部16bの層厚は、図2に示すように、導波光の進行方向に対して階段状に大きくなるような構成となっている。

【0018】次に、この第1の実施の形態に係る光デバイス10Aの製造方法について、図3A～図6Dを参照しながら説明する。なお、図3A～図4Dは、光デバイスの製造過程を縦断面にて示す工程図であり、図5A～図6Dは、光デバイスの製造過程を上面から見て示す工程図である。

10

20

30

40

50

【0019】まず、図3Aおよび図5Aに示すように、基板12を用意する。その後、基板12の表面に、第1クラッド層14aをスクリーン印刷法やエピタキシャル成長法等により積層する。

【0020】次いで、図3Bおよび図5Bに示すように、前記第1クラッド層14aの表面上にレジスト層18を例えばスクリーン印刷法等により積層する。

【0021】その後、図3Cおよび図5Cに示すように、レジスト層18の表面を露光する。前記露光は場所ごとに露光量を変えて行う。すなわち、レジスト層18のうち、領域18a、18b、18cおよび18dに対して露光量A、B、CおよびD ($A < B < C < D$)でそれぞれ同時に露光する。レジスト層18に対する露光範囲(露光領域)は、後に形成されるコア層16のパターンとほぼ合致しており、導波光の光出射部16cに向かって徐々に導波路幅が狭くなるようなテーパ状とされている。

【0022】次いで、図3Dおよび図5Dに示すように、現像処理により、前記レジスト層18の所定部分を除去して、レジストマスク20を形成する。このとき、前記レジストマスク20は、前記領域18a、18b、18cおよび18dが露光量に応じて除去され、それぞれ厚みが異なった段差20a、20bおよび20c、20dとして形成される。

【0023】次いで、図3Eおよび図5Eに示すように、前記レジストマスク20を、例えばドライエッチング法により除去して第1クラッド層14aとする。その後、図4Aおよび図6Aに示すように、第1クラッド層14aの表面に残存しているレジストマスク20を剥離する。

【0024】次いで、図4Bおよび図6Bに示すように、第1クラッド層14aの表面にコア層16をスクリーン印刷法、あるいはエピタキシャル成長法やCVD法等により形成する。

【0025】次いで、図4Cおよび図6Cに示すように、露光処理、現像処理およびエッチング処理によって、光出射部16cに向かって徐々に導波路幅が狭くなるテーパ状のコア層16を、第1クラッド層14aの表面に形成する。すなわち、前記露光処理においては、図示しないレジスト層を、コア層16の表面にスクリーン印刷法等で積層した後、該レジスト層の表面を露光する。なお、テーパ状のコア層16のパターンを形成するために、前記露光は場所ごとに露光量を変えて行う。すなわち、前記レジスト層に対する露光範囲(露光領域)をコア層16のパターンに合わせる。

【0026】次いで、前記現像処理では、前記レジスト層の所定部分を除去して、図示しないレジストマスクを形成する。次いで、コア層16のうち、図示しないレジストマスクから露出する部分を例えばドライエッチング法により除去してテーパ状のコア層16を形成する。そ

その後、図4Cおよび図6Cに示すように、コア層16の表面に残存しているレジストマスクを剥離する。

【0027】その後、図4Dおよび図6Dに示すように、コア層16の表面に第2クラッド層14bをスクリーン印刷法やエピタキシャル成長法等により形成し、所望の光デバイス10Aが得られる。なお、従来技術とは異なり、上記した製造工程は、該光デバイス10Aを構成する材料に制約を課さないため、エピタキシャル成長法も選択できる。

【0028】次に、このようにして製作された光デバイス10Aの動作について説明する。

【0029】光入射部16aから入力された入力光Pinは、光制御部16bにおいてモード変換され、モード変換された導波光が光出射部16cから出力光Poutとして出力される。ここで、導波光の進行方向に沿って前記光制御部16bの層厚は階段状に大きくなるため、導波光の閉じ込め厚が変化し、基板12に垂直方向のモードサイズのモード変換が行われる。従って、第1の実施の形態に係る光デバイス10Aは、光入射部16aおよび光出射部16cに接続される他の光デバイスのモードに応じて、入射される導波光の基板12に垂直方向のモードサイズを制御することが可能である。なお、レーザダイオードのように水平方向に長い楕円形の出射光モード形状を有する光デバイス、または光ファイバのように円形または楕円形の導波光モード形状を有する光デバイス等に接続してモード変換を行う場合、前記光デバイス10Aの光入射部16aにおける導波光モード形状および光出射部16cにおける導波光モード形状を上記した光デバイスの光モード形状に合わせることによって、結合効率が向上することは勿論である。また、前記光制御部16bの形状についても、本実施の形態で示した階段状の構造に限定されることはなく、テーパ構造等を選択してもモード変換が行えることは勿論である。

【0030】次に、第2の実施の形態に係る光デバイス10Bについて、図5A～図6Dを参照しながら説明する。この光デバイス10Bは、光デバイス10Aと同じく基板12と、該基板12上に形成されたクラッド層14と、該クラッド層14に包含された光導波路であるコア層16とを有して構成されており、光制御部16bの構造も図8に示すように、導波光の進行方向に伴い、その層厚は階段状に大きくなる。

【0031】次に、この第2の実施の形態に係る光デバイス10Bの製造方法について、図9A～図12Dを参照しながら説明する。なお、図9A～図10Dは、光デバイスの製造過程を縦断面にて示す工程図であり、図11A～図12Dは、光デバイスの製造過程を上面から見て示す工程図である。

【0032】まず、図9Aおよび図11Aに示すように、基板12を用意する。その後、基板12の表面に、第1クラッド層14aをスクリーン印刷法やエピタキシ

ヤル成長法等により積層する。

【0033】次いで、図9Bおよび図11Bに示すように、前記第1クラッド層14aの表面に、コア層16を例えばスクリーン印刷法やエピタキシャル成長法等により積層する。

【0034】次いで、図9Cおよび図11Cに示すように、前記コア層16の表面にレジスト層18を例えばスクリーン印刷法等により積層する。

【0035】その後、図9Dおよび図11Dに示すように、レジスト層18の表面を露光する。前記露光は場所ごとに露光量を変えて行う。すなわち、レジスト層18のうち、領域18e、18f、18g、18h、18iに対して露光量E、F、G、HおよびI ($E > F > G > H > I$)でそれぞれ同時に露光する。レジスト層18に対する露光範囲(露光領域)は、後に形成されるコア層16のパターンとはほぼ合致しており、導波光の光出射部16cに向かって徐々に導波路幅が狭くなるようなテーパー状とされている。

【0036】次いで、図10Aおよび図12Aに示すように、現像処理により、前記レジスト層18の所定部分を除去して、レジストマスク20を形成する。このとき、前記レジストマスク20は、前記領域18e、18f、18g、18h、18iが露光量に応じて除去され、それぞれ厚みが異なった段差20e、20f、20g、20h、20iとして形成される。

【0037】次いで、図10Bおよび図12Bに示すように、前記レジストマスク20を、例えばドライエッチング法により除去してコア層16を形成する。

【0038】その後、図10Cおよび図12Cに示すように、コア層16の表面に残存しているレジストマスク20を剥離する。

【0039】次いで、図10Dおよび図12Dに示すように、コア層16および第1クラッド層14aの表面に第2クラッド層14bをスクリーン印刷法、あるいはエピタキシャル成長法やCVD法等により形成し、所望の光デバイス10Bが得られる。なお、第1の実施の形態と同様に、上記した製造工程は、該光デバイス10Bを構成する材料に制約を課さないため、エピタキシャル成長法も選択できる。

【0040】このようにして作製された光デバイス10Bの動作は、第1の実施形態に係る光デバイス10Aと同様に、入力された入力光Pinを前記光制御部16bにおいてモード変換し、出力光Poutとして出力する。

【0041】そして、第2の実施の形態に係る光デバイス10Bは、露光・現像・エッチングの工程をコア層16に対して実施するため、コア層16、特に光制御部16bにおける結晶の均一性と稠密性が確保できるとともに、格子欠陥等が激減し、第1の実施の形態に係る光デバイス10Aよりもさらに伝送効率の高い光デバイス1

0Bが実現できる。また、従来技術に必要な露光時における位置合わせを削減あるいは単純化できるため、工程が単純化し、製品の歩留まりを向上させることができ、その結果、製造コストも低減できる。

【0042】前記露光量の局所変化は、レジストマスク上に配置した例えば光学フィルタによる光透過量の調整によって行うことができる。あるいは、パターン異なる複数枚のマスクを使用しても、前記露光量の局所変化を実現できる。さらに、単一のマスクを使用し、該マスクの設置位置をずらしながら行っても、該光制御部を作製することができる。上記したいずれの方法を用いても、露光処理、現像処理およびエッチング処理を含む1回の成膜工程で、コア層における前記光制御部を形成することができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光デバイスによれば、導波光を効率よくモード変換することができ、異なる固有モードを有する光デバイス同士が容易に結合されるので、結合効率の高い光デバイスが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る光デバイスを示す平面図である。

【図2】図1のII-II線上の断面図である。

【図3】光デバイスの製造工程(その1)を示す図であり、図3Aは第1クラッド層の積層を示す工程図、図3Bはレジスト塗布を示す工程図、図3Cはレジストへの露光を示す工程図、図3Dはレジストの現像を示す工程図、図3Eは第1クラッド層へのエッチングを示す工程図である。

【図4】光デバイスの製造工程(その2)を示す図であり、図4Aはレジストの剥離を示す工程図、図4Bはコア層の積層を示す工程図、図4Cはコア層を形成する工程図、図4Dは第2クラッド層を形成して所望の光デバイスを得る工程図である。

【図5】光デバイスの製造工程(その3)を上面から見て示す図であり、図5Aは第1クラッド層の積層を示す工程図、図5Bはレジスト塗布を示す工程図、図5Cはレジストへの露光を示す工程図、図5Dはレジストの現像を示す工程図、図5Eは第1クラッド層へのエッチングを示す工程図である。

【図6】光デバイスの製造工程(その4)を上面から見て示す図であり、図6Aはレジストの剥離を示す工程図、図6Bはコア層の積層を示す工程図、図6Cはコア層を形成する工程図、図6Dは第2クラッド層を形成して所望の光デバイスを得る工程図である。

【図7】第2の実施の形態に係る光デバイスを示す断面図である。

【図8】図7のVII-VII線上の断面図である。

【図9】光デバイスの製造工程（その1）を示す図であり、図9Aは第1クラッド層の積層を示す工程図、図9Bはコア層の形成を示す工程図、図9Cはレジストの塗布を示す工程図、図9Dはレジストの露光を示す工程図である。

【図10】光デバイスの製造工程（その2）を示す図であり、図10Aはレジストへの現像を示す工程図、図10Bはコア層へのエッチングを示す工程図、図10Cはレジストの剥離を示す工程図、図10Dは第2クラッド層を形成して所望の光デバイスを得る工程図である。

【図11】光デバイスの製造工程（その3）を上面から見て示す図であり、図11Aは第1クラッド層の積層を示す工程図、図11Bはコア層の形成を示す工程図、図11Cはレジストの塗布を示す工程図、図11Dはレジストの露光を示す工程図である。

【図12】光デバイスの製造工程（その4）を上面から見て示す図であり、図12Aはレジストへの現像を示す工程図、図12Bはコア層へのエッチングを示す工程図、図12Cはレジストの剥離を示す工程図、図12D*

*は第2クラッド層を形成して所望の光デバイスを得る工程図である。

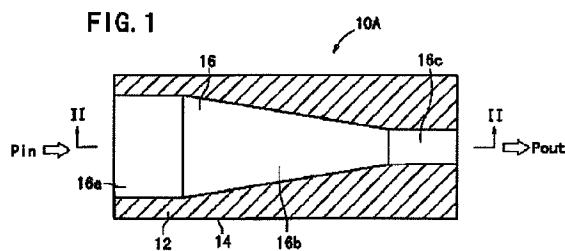
【図13】従来例に係る光デバイスを示す正面図である。

【図14】図13におけるXIV-XIV線上の断面図である。

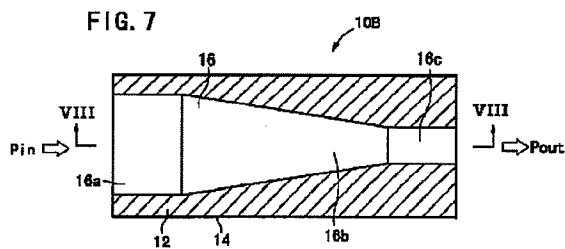
【符号の説明】

10A、10B、100…光デバイス	12、1
06…基板	
14、14a、14b、102…クラッド層	16、1
04…コア層	04…コア層
16a、104a…光入射部	16b、
104b…光制御部	
16c、104c…光出射部	18…レ
ジスト層	
18a～18i…領域	20…レ
ジストマスク	
20a～20i…段差	

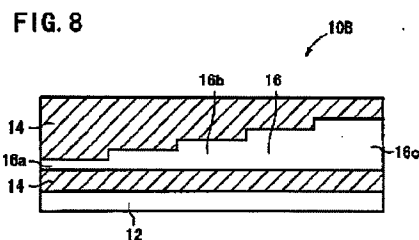
【図1】



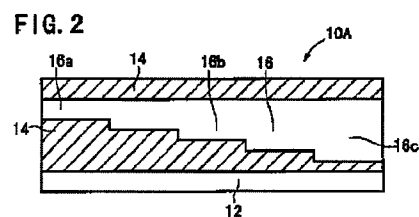
【図7】



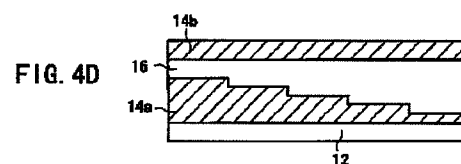
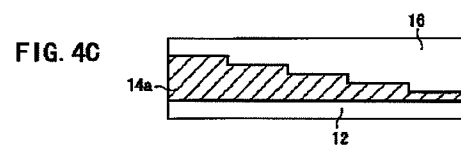
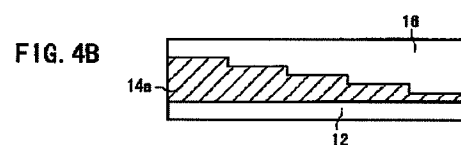
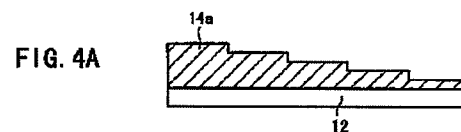
【図8】



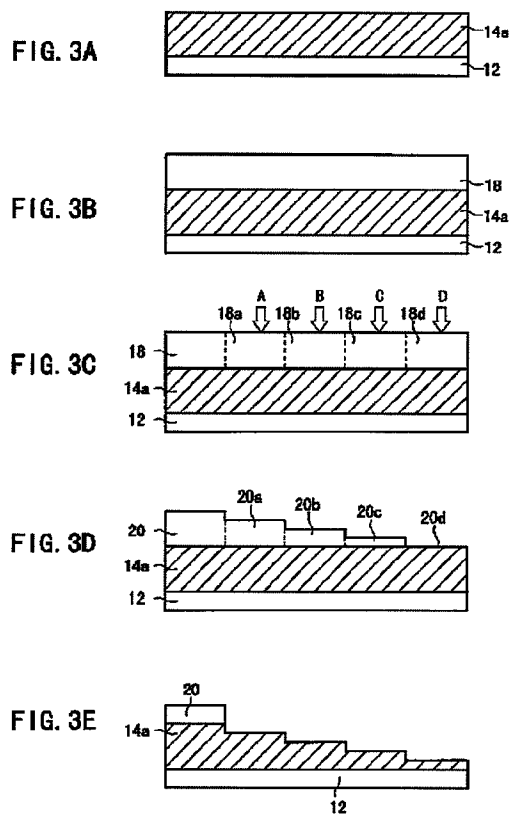
【図2】



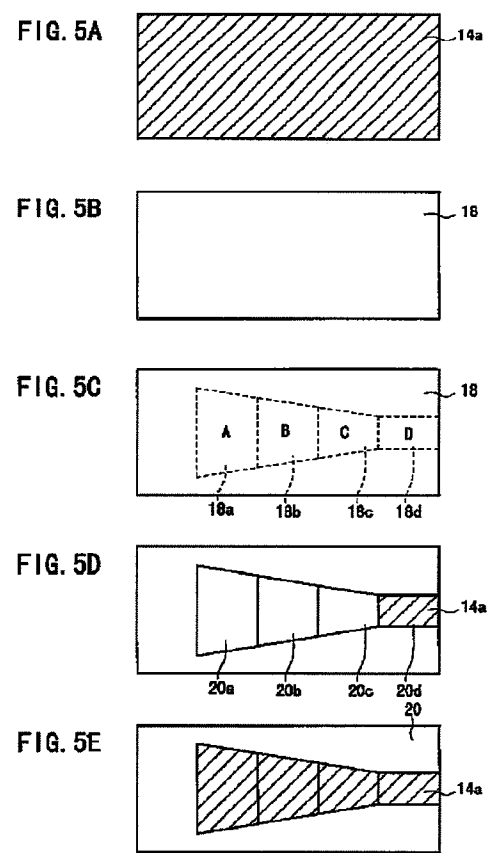
【図4】



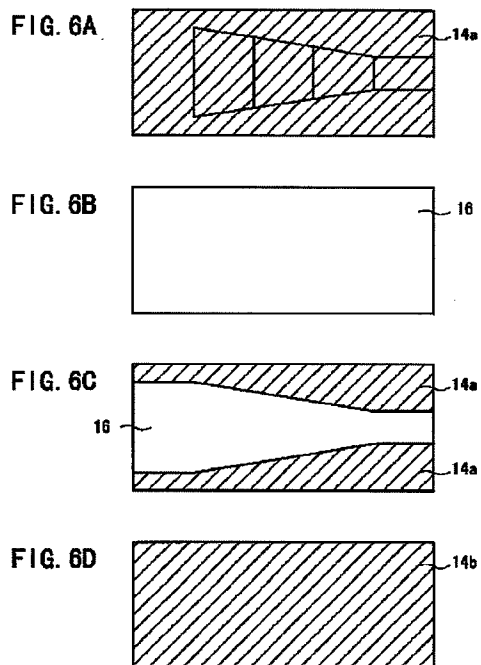
【図3】



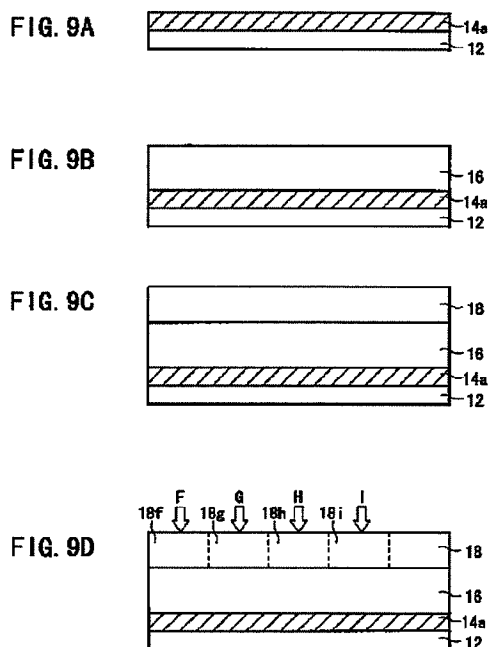
【図5】



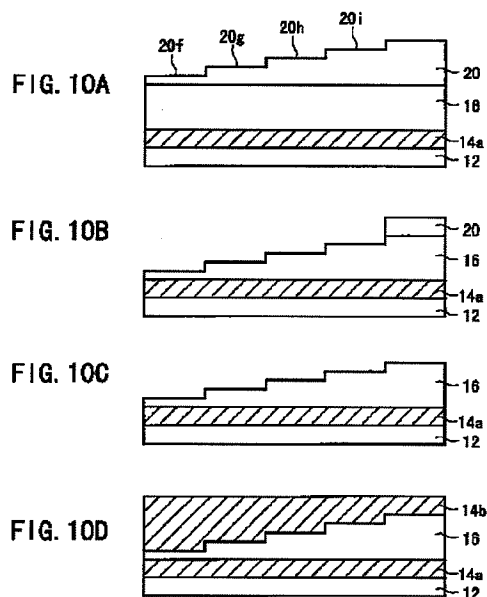
【図6】



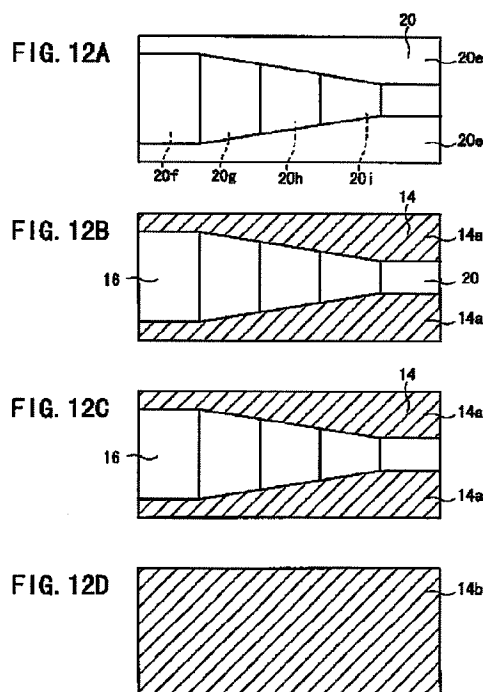
【図9】



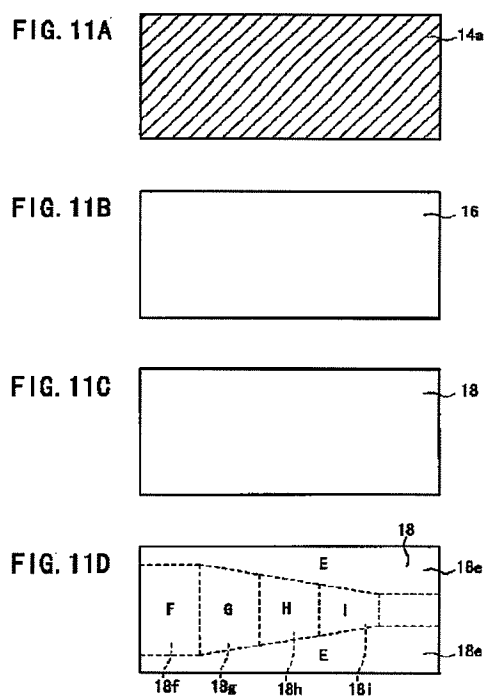
【図10】



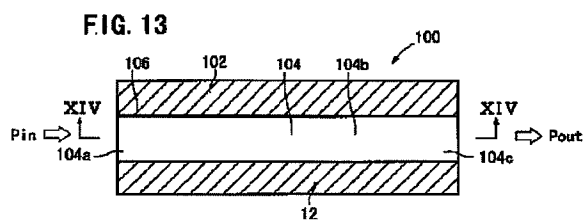
【図12】



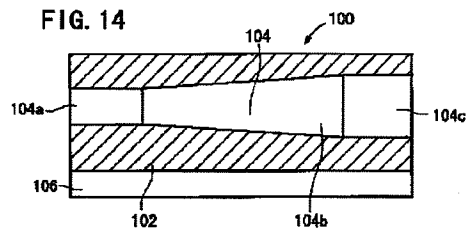
【図11】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 大島 正嗣
愛知県名古屋市長区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

(72)発明者 奥村 淳
愛知県名古屋市長区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

(72)発明者 山下 正孝

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内Fターム(参考) 2H047 KA04 KA13 LA23 PA02 PA22
PA24 QA04 QA05 RA08 TA17
TA31